



NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## 被覆光ファイバ心線及びコネクタ付被覆光ファイバ心線

## &lt;技術分野&gt;

本発明は、被覆光ファイバ心線及びコネクタ付被覆光ファイバ心線に関する。

## &lt;背景技術&gt;

石英ガラスを主成分とする外径  $125\ \mu\text{m}$  のガラスファイバの外側を 1 次被覆層として、熱硬化型シリコン樹脂被膜が外径  $400\ \mu\text{m}$  になるようにコーティングされさらにその外周に 2 次被覆層としてポリアミド系熱可塑性樹脂がコーティングされた被覆光ファイバ心線が光コード用等に使用されている（従来例 1：特許文献 1 参照）。ここで、光コードは、通常、光ファイバ心線の外側に抗張力線を配し、塩化ビニル等からなるシース層を設けた形態とされており、光通信機器等の配線に用いられている。

ところで、近年、環境負荷の低減の要請から、コードやケーブルの燃焼時に塩化水素ガス等の有害ガスを発生する虞れがないことが求められている。

有害ガスを発生しない難燃性を有する導体のケーブルとして、導体を絶縁体で絶縁した絶縁体コアを対撚りして対撚線とし、この対撚線を束ねて一括シースを施した無遮蔽対型ケーブルが知られている。ここでは、難燃剤が、前記絶縁体の少なくとも外表面及び一括シースに添加されている。難燃剤としては、リン化合物、水和金属化合物、酸化金属化合物が例示されている（従来例 2：特許文献 2 参照）。

特許文献 1： 特開昭 62-99708 号公報

特許文献 2： 特開平 8-138454 号公報

しかしながら、従来の技術によっても、環境に与える負荷が少なく、高い難燃

性を有する被覆光ファイバ心線は得られていないのが実状である。

#### <発明の開示>

本発明は、上記問題点を解決するためになされたものであって、その目的は、環境に与える負荷が少なく、高い難燃性を有し、優れた光伝送特性を有する被覆光ファイバ心線を提供することである。

本発明に係る被覆光ファイバ心線は、ガラスファイバの外周面に一次被覆層を設けてなる光ファイバ心線の外周面に、さらに、二次被覆層を設けてなる被覆光ファイバ心線であって、前記二次被覆層を構成する第二樹脂組成物が、ベース樹脂と、前記ベース樹脂 100 重量部に対して 100～250 重量部の金属水酸化物と、10～100 重量部の窒素系難燃剤とを含有するとともに、前記第二樹脂組成物がハロゲン含有しない。

より好ましくは、前記ベース樹脂が非晶性樹脂から構成される。

より好ましくは、前記第二樹脂組成物が、前記ベース樹脂として、ポリスチレン系樹脂単体、ポリスチレン系エラストマー単体、ポリスチレン系樹脂とポリフェニレンエーテルとの混合物、および、ポリスチレン系エラストマーとポリフェニレンエーテルとの混合物、のいずれか 1 種を含有する。

より好ましくは、前記ポリスチレン系樹脂、または、前記ポリスチレン系エラストマーの一部が酸変性されている。

より好ましくは、前記二次被覆層が、2 層以上の被覆層から形成されている。

より好ましくは、以下に定義される伝送損失変化量 ( $\text{dB/km}$ ) が  $0.2 \text{ dB/km}$  以下となるように構成される。

伝送損失変化量 ( $\text{dB/km}$ ) :  $-40^\circ\text{C}$  (0.5 時間保持)  $\sim 85^\circ\text{C}$  (0.5 時間保持) を繰り返すヒートサイクル曝露試験中の伝送損失量 (波長:  $1.55 \mu\text{m}$ , 単位:  $\text{dB/km}$ , 試験開始直後の伝送損失量を含む。) の最大損失変化量と最小損失変化量との差分

より好ましくは、前記第二樹脂組成物の線膨張係数が  $4.0 \times 10^{-4} (1/\text{K})$

以下である。

より好ましくは、下記に規定される加工歪みが $150\mu\text{m}$ 以下となるように構成される。

加工歪み： $120^{\circ}\text{C}$ 、 $168$ 時間の加熱処理が施された被覆光ファイバ心線における、ガラスファイバの先端面と二次被覆層の先端面との距離

より好ましくは、前記一次被覆層が紫外線硬化型樹脂層であり、前記二次被覆層から前記ガラスファイバの方向へ、切り込みの頂点が前記ガラスファイバには達しないように切り込み、前記紫外線硬化型樹脂層と前記二次被覆層とを前記ガラスファイバから引抜くように分離した時に、「分離された被覆除去片中の紫外線硬化型樹脂層の長さ／分離された二次被覆層の長さ」が $15\%\sim 85\%$ となるように構成される。

より好ましくは、前記光ファイバ心線の外周面に、前記二次被覆層として内部層と外部層とを前記光ファイバ心線から離れる方向で順に設けてなり、前記内部層が、ポリスチレン系熱可塑性樹脂、ポリオレフィン系熱可塑性樹脂もしくはポリフェニレンエーテル、またはこれらの混合樹脂 $100$ 重量部に対して、 $100\sim 250$ 重量部の金属水酸化物と、 $100$ 重量部未満の窒素系難燃剤とを添加してなる。

より好ましくは、前記光ファイバ心線の外周面に、前記二次被覆層として内部層と外部層とを前記光ファイバ心線から離れる方向で順に設けてなり、前記外部層が、ポリスチレン系熱可塑性樹脂、ポリオレフィン系熱可塑性樹脂もしくはポリフェニレンエーテル、またはこれらの混合樹脂 $100$ 重量部に対して、 $100\sim 250$ 重量部の金属水酸化物と、 $100$ 重量部未満の窒素系難燃剤とを添加してなる。

より好ましくは、前記紫外線硬化型樹脂層と前記二次被覆層とを前記ガラスファイバから引抜く際の引抜力が $2.5\text{kgf}$ 以下となるように構成される。

また、本発明に係るコネクタ付被覆光ファイバ心線は、前記ガラスファイバが端末から所定長さで露出されることによりガラスファイバ露出部と被覆端面とを有する本発明に係る被覆光ファイバ心線と、前記ガラスファイバ露出部を収容可

能な中空を有するフェルールを内蔵するコネクタとが接続されたコネクタ付被覆光ファイバ心線であって、前記ガラスファイバ露出部が歪力のかからない状態で前記中空に収容されるように前記被覆端面がフェルールの突き当て端面に当接される。

#### <図面の簡単な説明>

図1は、本発明の実施形態に係る被覆光ファイバ心線の模式断面図である。

図2は、本発明の実施形態に係る被覆光ファイバ心線の製造を説明する図である。

図3 (A) は、本発明の実施形態に係る被覆光ファイバ心線の模式断面図であり、(B) は本発明の実施形態に係る光ファイバ心線の模式断面図である。

図4は、本発明の実施形態に係る被覆光ファイバ心線の製造を説明する図である。

図5 (A)、(B) 及び (C) は、本発明の実施形態に係る被覆光ファイバ心線の被覆除去を説明する図である。

図6は、本発明の実施形態に係るコネクタ付被覆光ファイバ心線の製造を説明する図である。

図7 (A) 及び (B) は、被覆光ファイバ心線の被覆除去に使用する被覆除去具を示す図である。

図8は、実施例の被覆光ファイバ心線に対する難燃性試験の方法を説明する図である。

なお、図中の符号において、10, 50 は被覆光ファイバ心線、11, 51 はガラスファイバ、12, 52 は一次被覆層、13, 53 は光ファイバ心線、54 は内部層、55 は外部層、16, 56 は二次被覆層、56A は被覆端面、17 はフェルール、17A は中空、17B はフェルールの突き当て端面、17C はフェルールの開放端面、18 はコネクタ、19 はコネクタ付被覆光ファイバ心線である。

#### <発明を実施するための最良の形態>

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。

本発明の実施形態に係る被覆光ファイバ心線 10 は、図 1 の模式断面図に示すように、ガラスファイバ 11 の外周面に一次被覆層 12 を設けてなる光ファイバ心線 13 の外周面に、さらに、二次被覆層 16 を設けてなる。

二次被覆層 16 は、第二樹脂組成物によって構成されている。第二樹脂組成物はハロゲンを含むしない。これは、第二樹脂組成物が、ハロゲン基を有する化合物を含むしないことを意味する。

よって、第二樹脂組成物のベース樹脂（以下、第二樹脂という）は、ハロゲンを有さない樹脂とされている。これにより、燃焼時に有毒ガスを発生しない特性を有する。

第二樹脂は、非結晶性樹脂であるのが好ましく、これにより、より確実に光伝送特性が優れた被覆光ファイバ心線 10 とすることができる。

ここで、第二樹脂が結晶性樹脂であると、材料自体の配向性が高くなり、特に高速で移動する光ファイバ心線に向けて樹脂を押出して被覆光ファイバ心線を製造する場合、第二樹脂がガラスファイバに対して製造時に加工歪みを与えやすく光伝送特性が劣る傾向となる。この場合に、加工歪みの発生を抑制するためには、第二樹脂が押出された後に、光ファイバ心線に対するアニール処理等の別の工程が必要となる。

第二樹脂組成物は、第二樹脂として、ポリスチレン系樹脂単体、ポリスチレン系エラストマー単体、ポリスチレン系樹脂とポリフェニレンエーテルとの混合物、または、ポリスチレン系エラストマーとポリフェニレンエーテルとの混合物、のいずれか 1 種を含むするのが好ましい。

第二樹脂組成物は、第二樹脂としてポリスチレン系熱可塑性樹脂を含むのが好ましく、これにより、特に、耐熱性を向上できるとともに、コネクタ接続時に使用するエポキシ系の接着剤との接着性が良好になる。

ポリスチレン系熱可塑性樹脂としては、ポリスチレン中にスチレンブタジエンゴム等のゴム成分をドメインとして微分散してなる耐衝撃性ポリスチレン（H I P S）等を例示できる。これにより、光伝送特性が優れた被覆光ファイバ心線を

確実に得ることができる。

また、第二樹脂組成物は、第二樹脂としてポリスチレン系エラストマーとポリフェニレンエーテルとを含有するのが好ましく、これにより、特に耐熱性と難燃性とを向上できる。

ポリスチレン系エラストマーとしては、ポリスチレンをハードセグメントとし、ポリブタジエン、水添ポリブタジエン、ポリイソプレン等のジエンポリマーやエチレンプロピレンゴムをソフトセグメントとするブロック共重合体であり、ソフトセグメントがポリブタジエンとされたスチレンブタジエンスチレンブロック共重合体(SBS)、ソフトセグメントがイソプレンとされたスチレンイソプレンスチレンブロック共重合体(SIS)、SBSを水素添加したスチレンエチレンブチレンスチレンブロック共重合体(SEBS)、ソフトセグメントがエチレンプロピレンゴムとされたスチレンエチレンプロピレンスチレンブロック共重合体(SEPS)を例示できる。また、ポリスチレンと結晶性ポリオレフィンのブロック共重合体である、スチレンエチレンブチレンオレフィン結晶 共重合体(SEBC)を例示できる。

第二樹脂において、ポリスチレン系エラストマーとポリフェニレンエーテルとの重量比は、通常、8 : 2 ~ 2 : 8 とされるのが好ましい。

また、第二樹脂において、前記ポリスチレン系樹脂の一部、または、前記ポリスチレン系エラストマーの一部を酸変性させても良い。ここで、「酸変性する」とは、前記ポリスチレン系樹脂または前記ポリスチレン系エラストマーにおけるポリスチレンの分子骨格の一部を、マレイン酸等の有機酸で処理をすることを意味する。

なお、従来例1のように、第二樹脂がポリフェニレンエーテルのみとされた場合は、押出圧力増加のため樹脂を押出せなくなり、被覆光ファイバ心線の外観不良が発生したり、また、耐温度変化特性(温度の変動によっても、光伝送特性を高次元で維持する特性)に劣り、加工歪みは増大する傾向となる。

第二樹脂組成物は、前記第二樹脂と、第二樹脂100重量部に対して100重量部~250重量部の金属水酸化物とを含有してなる。金属水酸化物としては、

水酸化マグネシウム、水酸化アルミニウム等を好適に例示できる。

金属水酸化物が第二樹脂 100 重量部に対して 100 重量部以上であることによって、難燃性を高めることができ、金属水酸化物が第二樹脂 100 重量部に対して 250 重量部以下であることによって、第二樹脂組成物の押出し加工性を確保し、外観も問題なくできる。

第二樹脂組成物は、前記第二樹脂と、第二樹脂 100 重量部に対して 10 重量部～100 重量部の窒素系難燃剤とを含有してなる。

窒素系難燃剤としては、ハロゲン基を有さないものであれば特に限定されないが、メラミンシアヌレート、メラミン誘導体、トリス（ $\beta$ -シアノエチル）イソシアヌレート等を挙げることができる。このような窒素系難燃剤を採用することにより、高い難燃性を有する被覆光ファイバ心線とすることができるとともに、燃焼時に塩化水素ガス等の有害ガスやポリリン酸を発生するのを抑制できることから、環境に与える負荷が少ない被覆光ファイバ心線とすることができる。

窒素系難燃剤が第二樹脂 100 重量部に対して 10 重量部未満となると、難燃性が十分に発現されず、一方、100 重量部超過となると、被覆光ファイバ心線表面に外観不良が生じてしまう。

本発明に係る被覆光ファイバ心線は、上記のように、二次被覆層が、第二樹脂 100 重量部に対して、金属水酸化物を 100 重量部～250 重量部、窒素系難燃剤を 10 重量部～100 重量部添加してなる。このような構成によれば、燃焼時に吸熱性を発現する金属水酸化物を添加するとともに、燃焼抑制効果を有する窒素系難燃剤を添加するので、高い難燃性を発現できる。また、金属水酸化物を 250 重量部未満、窒素系難燃剤を 100 重量部未満で添加するので、被覆光ファイバ心線の製造時において、光ファイバ心線に対して樹脂組成物を押出して被覆することを良好に実施できる。

二次被覆層 16 の 25℃でのヤング率は、好ましくは 100MPa～800MPa である。なお、本明細書中、ヤング率とは、JIS K 7113 に準じて、2号型試験片を使用して測定されるヤング率のことをいうものとする。

二次被覆層 16 のヤング率は、第二樹脂組成物を構成する第二樹脂の種類及びそ



の含有量、窒素系難燃剤の種類及びその含有量、下記添加剤の種類及びその含有量などを調整することによって、好適に前記範囲内とされる。

第二樹脂組成物は、それぞれ必要に応じて、光安定剤（HALS）、酸化防止剤（硫黄系酸化防止剤など）、滑剤、老化防止剤等の添加物を含有しても良い。光安定剤としては、LA-52（テトラキス（1, 2, 2, 6, 6-ペンタメチル-4-ピペリジル）1, 2, 3, 4-ブタンテトラカルボキシレート：旭電化（株）製）などを、硫黄系酸化防止剤としては、シーノックス412S（ペンタエリスリトール・テトラキス（3-ラウリルチオプロピオネート））などを例示できる。光安定剤、硫黄系酸化防止剤を使用することにより、耐光性、耐湿熱性が増すので、好ましい。

また、添加物として、既知の可塑剤、軟化剤、ゴム軟化剤、プロセス油、エクステンダ油、架橋剤等の配合剤を添加する方法によって、二次被覆層16のヤング率を前記した範囲内に調整してもよい。ゴム軟化剤としては、パラフィン系オイル、非芳香族系ゴム軟化剤等を挙げることができる。

第二樹脂組成物は、各構成成分が混合されてなるのが好ましく、バンパリーミキサー、加圧型ニーダー、二軸混合機等の既知の溶融混合装置を用いて混合できる。

本発明の実施形態に係る被覆光ファイバ心線10に使用される光ファイバ心線13は、ガラスファイバ11の外周面に一次被覆層12として紫外線硬化型樹脂層を設けてなるのが好ましい。具体的には、外径0.125mmのガラスファイバ11を紫外線硬化型樹脂層で被覆した外径（D<sub>p</sub>）0.240mm～0.260mmの光ファイバ心線を好適に例示できる。ガラスファイバ11は、石英ガラスを主成分としたもの、また、紫外線硬化型樹脂層12の樹脂としては、ウレタンアクリレート樹脂等が広く知られており、これらを制限なく使用できる。また、紫外線硬化型樹脂層12としては、物性値が異なる内層（第一紫外線硬化型樹脂層）と外層（第二紫外線硬化型樹脂層）とから構成されたもの（2層構造）や、最外層に着色層を有するものなども知られており、これらも制限なく使用できる。

第一紫外線硬化型樹脂層のヤング率は0.5MPa～2MPa、第二紫外線硬

化型樹脂層のヤング率は5 MPa～1500 MPa、着色層のヤング率は500 MPa～1500 MPaとされるのが好ましい。

このようなヤング率を発現させるために、第一紫外線硬化型樹脂層の樹脂の製造においては、ポリエーテルジオールとイソホロンジイソシアネートとヒドロキシエチルアクリレートとを反応させて得られるウレタンアクリレート、重合性不飽和モノマーとしてN-ビニルカプロラクタム、イソボニルアクリレート、ノンジオールアクリレート、ノニルフェノールアクリレート、光重合性開始剤としてルシリンTPO（BASF社製）、及び、その他の添加剤としてテトラキス{メチレン-3-(3-5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオネート}メタン、γ-メルカプトプロピルトリメトキシシランや2, 2, 6, 6-テトラメチル-4-ピペリジルアルコールを混合し、これに紫外線を照射して製造する形態が好ましい。

第二紫外線硬化型樹脂層の樹脂の製造においては、ポリプロピレンオキシドグリコールとトルエンジイソシアネートとヒドロキシエチルアクリレートとを反応させて得られるウレタンアクリレート、重合性不飽和モノマーとしてN-ビニルカプロラクタム、トリシクロデカンジメタノールジアクリレート、光重合性開始剤としてルシリンTPO（BASF社製）及びイルガキュア184（チバ・スペシャルティ・ケミカルズ社製）、並びに、その他の添加剤としてテトラキス{メチレン-3-(3-5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオネート}メタンを混合し、これに紫外線を照射して製造する形態が好ましい。

さらに、着色層も、通常、紫外線硬化型樹脂層の形態とされており、着色層の樹脂の製造においては、ビスフェノールAと2ヒドロキシブチル（メタ）アクリレートとを反応させて得られるエポキシアクリレートおよび／またはポリプロピレンオキシドグリコールとトルエンジイソシアネートとヒドロキシエチルアクリレートとを反応させて得られるウレタンアクリレート、重合性不飽和モノマーとしてビスフェノールAエチレンオキサイド変性アクリレート、トリメチロールプロパントリオキシエチル（メタ）アクリレート、シリコンアクリレート、光重合性開始剤としてベンゾフェノン、ベンゾインエーテル、及び、その他の添加剤と

してテトラキス{メチレン-3-(3-5-ジ-tert-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオネート}メタンを混合し、これに紫外線を照射して製造する形態が好ましい。

このように、第一紫外線硬化型樹脂層を柔軟な層とし、第二紫外線硬化型樹脂層を堅固な層とすることによって、光ファイバ心線 13 が受ける側圧（光ファイバ心線 13 の外周面から受ける外界からの圧力であって、特に、光ファイバ心線 13 に二次被覆層 16 が設けられる前に受ける圧力）に対して、第二紫外線硬化型樹脂層で該圧力を吸収させ、また、該圧力が、第二紫外線硬化型樹脂層で完全に吸収できない程に大きな力であっても第一紫外線硬化型樹脂層で該圧力を緩衝させることにより、ガラスファイバ 11 が圧力を受けることによる光伝送損失を低減できる。

光ファイバ心線 13 を構成する各層の好ましい寸法を以下に示す。

ガラスファイバ 11 の外径：125  $\mu\text{m}$

第一紫外線硬化型樹脂層までの外径：200  $\mu\text{m}$

第二紫外線硬化型樹脂層までの外径：245  $\mu\text{m}$

着色層までの外径：255  $\mu\text{m}$

本発明の実施形態に係る被覆光ファイバ心線 10 においては、二次被覆層 16 までの直径 ( $D_s$ ) が 0.8 mm～1.0 mm とされた形態を好適に例示できる。

本発明の実施形態に係る被覆光ファイバ心線 10 は、以下のように、光ファイバ心線 13 に、二次被覆層 16 を構成する第二樹脂組成物を塗布することによって、好適に製造される。

すなわち、図 2 に示すように、供給リール 31 から光ファイバ心線 13 を繰り出し、張力制御装置 32 を通して押し出し機 33 に供給する。ここで、押し出し機 33 は、第二樹脂組成物が収容された収容部 33A と、第二樹脂組成物を押し出すことによって光ファイバ心線 13 の外周に二次被覆層 16 を塗布できるクロスヘッド 33C とを備えている。第二樹脂組成物は、熔融状態で光ファイバ心線 13 の外周に塗布されるのが好ましく、通常、押し出し機 33 は、所定位置に加熱器（図示せず）を備える。

次いで、押し出し機 33 から押し出されたものを冷却水槽 34 に導いて冷却して外部被覆 16 を硬化させて、被覆光ファイバ心線 10 とし、これを張力制御装置 35 を通して巻き取りリール 36 に巻き取る。

本実施形態に係る被覆光ファイバ心線 10 において、二次被覆層 16 は、1 層の被覆層からなる形態でも、2 層以上の被覆層からなる形態でもよい。図 3 (A) に、二次被覆層が 2 層以上の被覆層からなる被覆光ファイバ心線 50 の模式断面図を示す。

図 3 (A) に示すように、本発明の実施形態に係る被覆光ファイバ心線 50 は、ガラスファイバ 51 の外周に一次被覆層 52 を設けてなる光ファイバ心線 53 の外周に、さらに、二次被覆層 56 として内部層 54 と外部層 55 とを光ファイバ心線 53 から離れる方向で順に設けてなる。ここで、一次被覆層 52 は、図 3 (B) の模式断面図に示すように、ガラスファイバ 51 から離れる方向に、第一紫外線硬化型樹脂層 52A と第二紫外線硬化型樹脂層 52B と着色層 52C とを設けてなる。

二次被覆層 56 においては、内部層 54 及び外部層 55 を構成する樹脂組成物を合わせて第二樹脂組成物とする。この二次被覆 56 に用いる第二樹脂組成物は、前述の二次被覆層 16 (図 1) に用いる第二樹脂組成物と同様に、ベース樹脂 (内部層及び外部層を構成する樹脂) と、ベース樹脂 100 重量部に対して 100～250 重量部の金属水酸化物と、10～100 重量部の窒素系難燃剤とを含有し、ハロゲンを含有しない。第二樹脂組成物には、光安定剤 (HALS)、酸化防止剤、滑剤、老化防止剤等の添加物を添加できる。

被覆光ファイバ心線 50 において、内部層 54 は、ポリスチレン系熱可塑性樹脂、ポリオレフィン系熱可塑性樹脂もしくはポリフェニレンエーテルまたはこれらの混合樹脂をベース樹脂とすることが好ましい。内部層 54 は、内部層 54 を構成するベース樹脂 100 重量部に対して、100～250 重量部の金属水酸化物と、100 重量部未満の窒素系難燃剤とを添加してなることが好ましい。

また、外部層 55 は、ポリスチレン系熱可塑性樹脂、ポリオレフィン系熱可塑性樹脂もしくはポリフェニレンエーテルまたはこれらの混合樹脂をベース樹脂とす

ることが好ましい。外部層 55 は、外部層 55 を構成するベース樹脂 100 重量部に対して、100～250 重量部の金属水酸化物と、100 重量部未満の窒素系難燃剤とを添加してなることが好ましい。

本発明の実施形態に係る被覆ガラスファイバ心線 50 においては、内部層 54 のヤング率は 1 MPa ～ 100 MPa（より好ましくは、5 MPa ～ 50 MPa）、外部層 55 のヤング率は 200 MPa ～ 1500 MPa（より好ましくは、250 MPa ～ 1000 MPa）、内部層 54 までの外径（ $D_p$ ）が 0.3 mm  $\phi$  ～ 0.7 mm  $\phi$ （より好ましくは、0.35 mm  $\phi$  ～ 0.60 mm  $\phi$ ）、外部層 55 までの外径（ $D_s$ ）は 0.75 mm  $\phi$  ～ 1.0 mm  $\phi$ （より好ましくは、0.85 mm  $\phi$  ～ 0.95 mm  $\phi$ ）とされるのが好ましい。ここで、内部層 54 および外部層 55 のヤング率は、前記した内部層 54 および外部層 55 を構成する各化合物の種類および添加量を変更することにより好適に調整される。

このように、内部層 54 を柔軟な層とし、外部層 55 を堅固な層とすることによって、被覆光ファイバ心線 50 が受ける側圧（被覆光ファイバ心線 50 の外周面から受ける外界からの圧力）に対して、外部層 55 で該圧力を吸収させ、また、該圧力が、外部層 55 で完全に吸収できない程、大きな力であっても内部層 54 で該圧力を緩衝させることができるので、ガラスファイバ 51 が圧力を受けることによる光伝送損失を低減できる。

次に、被覆光ファイバ心線 50 の一次被覆層 52 について説明する。第一紫外線硬化型樹脂層 52A のヤング率は 0.5 MPa ～ 2 MPa、第二紫外線硬化型樹脂層 52B のヤング率は 5 MPa ～ 1500 MPa、着色層 52C のヤング率は 500 MPa ～ 1500 MPa とされるのが好ましい。

より好ましくは、第二紫外線硬化型樹脂層 52B のヤング率は、5 MPa ～ 600 MPa である。ヤング率が 5 MPa 未満であると、外界からの圧力を吸収しにくく、ガラスファイバを損傷しやすくなる。一方、ヤング率が 600 MPa を超えると、後述する被覆除去具 20 の刃が第二紫外線硬化型樹脂層 52B に入りにくく、一次被覆層 52 を被覆光ファイバ心線から分離しにくくなる。

本発明の実施形態に係る被覆光ファイバ心線 50 は、図 3 (B) に示すように、一次被覆層 52 が、ガラスファイバ 51 から離れる方向に、第一紫外線硬化型樹脂層 52A と第二紫外線硬化型樹脂層 52B と着色層 52C とを設けてなる。このような被覆光ファイバ心線 50 を得るためには、通常、先ず、ガラスファイバ 51 の外周に、第一紫外線硬化型樹脂層 52A と第二紫外線硬化型樹脂層 52B とを設けた後、樹脂塗布装置と紫外線照射装置とを用いて、着色層 52C を設けることによって、光ファイバ心線 53 を好適に得ることができる。

着色層 52C を構成する着色剤組成物としては、前記紫外線硬化型樹脂組成物に、着色剤としての顔料（有機系顔料など）および公知の顔料分散剤を添加してなる組成物を例示できる。また、着色剤組成物は、重合性オリゴマーとして、エポキシ（メタ）アクリレートやウレタンアクリレート、或いはエステル系アクリレート等の他の硬化性のオリゴマーを好適に含有できる。

光ファイバ心線 53 を構成する各層の好ましい寸法を以下に示す。

ガラスファイバ 51 の外径 ( $D_g$ ) : 1 2 5  $\mu\text{m}$

第一紫外線硬化型樹脂層 52A までの外径 ( $D_{u1}$ ) : 2 0 0  $\mu\text{m}$

第二紫外線硬化型樹脂層 52B までの外径 ( $D_{u2}$ ) : 2 4 5  $\mu\text{m}$

着色層 52C までの外径 ( $D_c$ ) : 2 5 5  $\mu\text{m}$

次いで、以上のようにして得られる光ファイバ心線 53 の外周に二次被覆層 56 を塗布することによって、被覆光ファイバ心線 50 を好適に製造できる。

すなわち、図 4 に示すように、供給リール 61 から光ファイバ心線 53 を繰り出し、張力制御装置 62 を通して押し出し機 63 に供給する。ここで、押し出し機 63 は、内部層 54 の成分が収容された第一収容部 63A と、外部層 55 の成分が収容された第二収容部 63B と、内部層 54 の成分と外部層 55 の成分を順に押し出すことによって光ファイバ心線 53 の外周に二次被覆層 56 を塗布できるクロスヘッド 63C とを備えている。内部層 54 の成分および外部層 55 の成分は、熔融状態で光ファイバ心線 53 の外周に塗布されるのが好ましく、通常、押し出し機 63 は、所定位置に加熱器（図示せず）を備える。

次いで、押し出し機 63 から押し出されたものを冷却水槽 64 に導いて冷却して

二次被覆層 56 を硬化させ、被覆光ファイバ心線 50 とする。

被覆光ファイバ心線 10, 50 は、以下に定義される伝送損失変化量 ( $\text{dB/km}$ ) が  $0.2 \text{ dB/km}$  以下となるように構成されるのが好ましく、 $0.1 \text{ dB/km}$  以下となるように構成されるのがより好ましい。

伝送損失変化量 ( $\text{dB/km}$ ):  $-40^\circ\text{C}$  ( $0.5$  時間保持)  $\sim 85^\circ\text{C}$  ( $0.5$  時間保持) を繰り返すヒートサイクル曝露試験中の伝送損失量 (波長:  $1.55 \mu\text{m}$ , 単位:  $\text{dB/km}$ , 試験開始直後の伝送損失量を含む) の最大伝送損失量と最小伝送損失量との差分

前記ヒートサイクル試験に関する条件に満たすためには、一次被覆層を構成する第一樹脂組成物が、紫外線硬化型樹脂からなる第一樹脂を含むとともに、二次被覆層が一層構造とされるのが好ましい。ここで、第一樹脂とは、第一樹脂組成物の樹脂を意味する。

なお、従来例 1 のように、第一樹脂がシリコーン樹脂組成物であるとともに、二次被覆層がポリフェニレンオキサイドを含有する樹脂組成物であって、一次被覆層までの外径が  $0.4 \text{ mm}$ 、二次被覆層までの外径が  $0.8 \text{ mm}$  の被覆光ファイバ心線では、一次被覆層の厚みが大きいせいか、一次被覆層と二次被覆層との間における線膨張係数の差が顕在化する。これにより、従来例 1 の被覆光ファイバ心線が急激な温度変化を受けると、ガラスファイバに対して不均一な応力がかかることによってガラスファイバが歪みやすく、前記ヒートサイクル試験を行ったときの伝送損失変化量が多い。よって、従来例 1 の被覆光ファイバ心線は、温度変化に起因する伝達損失が増加してしまう。

また、前記ヒートサイクル試験に関する条件に満たすためには、第二樹脂組成物の線膨張係数が  $4.0 \times 10^{-4} (1/\text{K})$  以下であるのが好ましい。ここでは、第二樹脂組成物を硬化させて成形したシートの線膨張係数をいう。

第二樹脂組成物の線膨張係数が  $4.0 \times 10^{-4} (1/\text{K})$  を超えると、温度変化によって第二樹脂組成物が膨張または収縮する量が大きくなり、ガラスファイバに応力が生じたり微小な曲がりが生じて、前記伝送損失変化量が  $0.2 \text{ dB/km}$

km超過となりやすくなる。

また、本発明の実施形態に係る被覆光ファイバ心線 10, 50 は、下記に規定される加工歪みが  $150\ \mu\text{m}$  以下となるように構成されるのが好ましい。

加工歪み：  $120^\circ\text{C}$ 、168時間の加熱処理が施された被覆光ファイバ心線における、ガラスファイバの先端面と二次被覆層の先端面との距離

加工歪みが前記範囲とされることによって、押出成形時にガラスファイバ（および一次被覆）に付与された熱応力が小さいので、ヒートサイクル試験等などの温度の変動によっても、温度変化に起因する伝達損失の増加などの特性の悪化も少ないと推定される。また、加工歪みが前記範囲とされることによって、ガラスファイバと被覆層との長さ方向の相対移動量も小さいので、ピストニング特性（急激な温度変化を長時間付与することにより、ガラスファイバの先端面およびガラスファイバを含む一次被覆が二次被覆層の先端面から突き出る特性のこと）に優れる。

なお、従来例 2 は、導体を覆う絶縁体の少なくとも外表面及び一括シースに難燃剤（窒素系難燃剤は意図されていない）が添加されてなるケーブル（電線）である。特許文献 2 には、従来例 2 の絶縁体として、ポリフェニレンオキサイドと低密度ポリエチレンと SEBS とを樹脂成分として含むものが記載されている。このような電線にあっても、急激な温度変化によって導体の先端面が絶縁体の先端面から突き出すことがある（以下、この現象を“突き出し”ともいう）。しかしながら、例えば、このようなケーブルが端面にて他の通信部材と接続された場合に突き出しが発生しても、導通の不具合は顕在化しない。しかしながら、被覆光ファイバ心線が端面にて他の通信部材と接続された場合に突き出しが発生すると、ガラスファイバに意図しない応力がかかり、光伝送特性が劣ったり、最悪の場合、破断することになる。

よって、従来例 1 の被覆光ファイバ心線に従来例 2 の絶縁体を適用しても、従来例 2 の絶縁体と本発明の実施形態に係る被覆光ファイバ心線の絶縁体とは窒素系難燃剤を含有しない点で同一でないことにより、本発明の実施形態に係る被覆



光ファイバ心線とはならない上、特に、前記光ファイバの“突き出し”の問題が生じる従来例 2 の絶縁体を、本発明の実施形態に係る被覆光ファイバ心線に適用することは、当業者が通常考えることではない。

前記した“第二樹脂組成物の線膨張係数を  $4.0 \times 10^{-4}$  (1/K) 以下とする”及び“前記規定の加工歪みを  $150 \mu\text{m}$  以下とする”には、第二樹脂組成物が、第二樹脂 100 重量部に対して 100 重量部～250 重量部の金属水酸化物を含有することにより達成できる。

本発明の実施形態に係るコネクタ付被覆光ファイバ心線を製造するためには、一次被覆層を構成する第一樹脂組成物が、紫外線硬化型樹脂からなる第一樹脂を含むとともに、二次被覆層が二層以上の構造を有する被覆光ファイバ心線を用いるのが好ましい。以下、二次被覆層が二層構造である被覆光ファイバ心線 50 を用いて製造したコネクタ付被覆光ファイバ心線について説明する。

先ず、被覆除去具 20 (図 7 参照) を用いて被覆光ファイバ心線 50 の端末を加工する。すなわち、被覆除去具 20 の V 溝 23a 内に被覆光ファイバ心線 50 を保持して、被覆光ファイバ心線 50 の端末から約 30 mm～100 mm 離れた箇所を固定具 24 により挟んで、板状レバー部材 21a、21b を閉じることによって切り込みが入れられる。ここで、図 5 (A) に示すように、被覆除去具 20 は、板状レバー部材 21a と 21b とが接した時に刃 22 の刃先 22A (切り込みの頂点) がガラスファイバには達しないように構成されているので、ガラスファイバ 51 が傷つくことなく、かつ、二次被覆層 56 は確実に切断されている。

次いで、図 5 (A) の矢印の方向に刃 22 を動かして、一次被覆層 52 と二次被覆層 56 とをガラスファイバ 51 から引抜くように分離すると、二次被覆層 56 は完全に切断されているので、刃 22 とともに移動するが、一次被覆層 52 は、完全に切断されていないので (一次被覆層 52 の内部に切り込みの頂点がある)、刃 22 が移動してもしばらくは引き伸ばされ、ガラスファイバ 51 と密着した部分は刃 22 とともに移動しない (図 5 (B) 参照)。この間は、二次被覆層 56 が一次被覆層 52 の上を滑るのである。また、ここで、刃 22 近傍の一次被覆層 52 は圧縮され

ている。そして、さらに被覆除去具 20 を移動すると、一次被覆層 52 は引きちぎられる。よって、分離された被覆除去片に関して、一次被覆層 52' は長手方向に収縮して、一次被覆層 52' の引抜き方向長さの方が二次被覆層 56' の引抜き方向長さよりも短くなる（図 5（C）参照）。

本発明の実施形態に係る被覆光ファイバ心線 50 においては、「分離された被覆除去片中の一次被覆層 52' の長さ（ $L_{uv}$ ）／分離された二次被覆層 56' の長さ（ $L_{sh}$ ）」（以下、「 $L_{uv}/L_{sh}$ 」とも表現する）が 15%～85%となるように構成されていることが好ましい。ただし、分離された樹脂層に関し、紫外線硬化型樹脂層が全く見られなかったものを「 $L_{uv}/L_{sh}=0\%$ 」と定義し、紫外線硬化型樹脂層の引抜き方向長さと樹脂被覆層の引抜き方向長さとが同じものを「 $L_{uv}/L_{sh}=100\%$ 」と定義する。これにより、一次被覆層 52' の二次被覆層 56' に対する滑り性が適度に調整されているので、一次被覆層 52 のガラスファイバ 51 上への残留が頻発せず、かつ、ガラスファイバ 51 の破断が頻発しない。紫外線硬化型樹脂層の残留がないので、コネクタを接続した場合に、光の接続損失が生じにくい。

なお、上記した被覆除去具 20 を用いる一次被覆層 52 に二次被覆層 56 を加えた複合被覆と、ガラスファイバ 51 との分離に関し、板状レバー部材 21a、21b を閉じる力は、通常 2 kgf 程度であり、一次被覆層 52 と二次被覆層 56 とを引抜く速度は、約 500 mm/分である。このとき被覆除去具 20 を動かして一次被覆層 52 および二次被覆層 56 を引抜く力が引抜き力である。

$L_{uv}/L_{sh}$  を 15%～85%とするためには、着色層 52C（一次被覆層 52 の最外層）と内部層 54 との摩擦係数が 0.2～0.5 に調整されるのが好ましい。

着色層 52C と内部層 54 との摩擦係数を上記範囲内とする方法としては、これらの層を構成する化合物の種類や添加量を調整する方法を挙げることができるが、着色層 52C、あるいは、内部層 54 に剥離剤を添加して、前記摩擦係数を調整する手法を好適に挙げることができる。

剥離剤を含有する着色層 52C は、反応希釈性モノマーの一部としてシリコン系アクリレートが添加された着色剤組成物を使用することにより、好適に得られる。

または、着色剤組成物に剥離剤としてシリコンオイルを添加しても良い。

また、内部層 54 に添加する剥離剤としては、シリコンオイル、離型シリコン（ワニス・ゴム型）等のシリコン化合物を挙げることができ、前記範囲の摩擦係数を得るためには、通常、内部層 54 を構成する樹脂 100 重量部に対して、0.5～10 重量部の範囲で添加されるものである。

この場合、より具体的には、内部層 54 及び外部層 55 の前記したヤング率の好適な範囲を鑑みれば、内部層 54 及び外部層 55 の各組成は、以下のようにされるのが好ましい。

内部層：ポリオレフィン系熱可塑性樹脂 100 重量部に対して、金属水酸化物を 100～250 重量部、および窒素系難燃助剤を 100 重量部未満とする。

外部層：ポリオレフィン系熱可塑性樹脂および／または熱可塑性エラストマー樹脂 100 重量部に対して、金属水酸化物を 100～250 重量部、および窒素系難燃助剤を 100 重量部未満とする。

また、上記のようにして一次被覆層 52 と二次被覆層 56 とをガラスファイバ 51 から引抜く際の引抜力は 2.5 kgf 以下であることが好ましい。これにより、前記した被覆除去具 20 を用いて、容易に（大きな負荷を感じることなく）、一次被覆層 52 と二次被覆層 56 とを引抜いて、ガラスファイバ 51 を露出できる。本発明において、引抜力を樹脂層を引抜く方向に加える力（すなわち、被覆除去具 20 を引っ張る力）と定義する。

前記引抜力を 2.5 kgf 以下とするには、実施例に記載するように熔融時の押出流れ性に優れた材料や押出圧力を低減できるようなプロセス（スクリュウ形状、ダイス・ポイント形状）を改善することにより対処できる。

次に、本発明の実施形態に係るコネクタ付被覆光ファイバ心線について説明する。

前記したように被覆除去具 20（図 7 参照）を用いて被覆光ファイバ心線 50 の端末を加工することによって作製したガラスファイバ露出部 51A と被覆端面 56A とを有する被覆光ファイバ心線 50 と、ガラスファイバ露出部 51A を収容可能な中空 17A を有するフェルール 17 を内蔵するコネクタ 18 とを接続することによって、

本発明の実施形態に係るコネクタ付被覆光ファイバ心線 19 は製造される(図 6 参照)。より具体的には、ガラスファイバ露出部 51A を歪力のかからない状態で中空 17A に収容しながら被覆端面 56A をフェルールの突き当て端面 17B に当接させ、通常、この状態を維持すべく、固定手段(図示せず)によって被覆光ファイバ心線 50 とコネクタ 18 とを接続する。よって、コネクタ付被覆光ファイバ心線 19 は、歪による伝送損失がない。

次いで、ガラスファイバの先端面 51B とフェルールの開放端面 17C とを研磨するなどして所望の形状となるように加工する。なお、ガラスファイバの先端面 51B とフェルールの開放端面 17C とが構成する面としては、平面、球面および曲面を挙げることができ、コネクタ付被覆光ファイバ心線 19 の仕様に応じて、適宜、選択される。

コネクタ付被覆光ファイバ心線 19 は、ガラスファイバ露出部 11A に紫外線硬化型樹脂層 12 が残留していないので、ガラスファイバ露出部 51A は、歪力を受けることなく中空 17A に収容されるとともに、被覆端面 56A とフェルールの突き当て端面 17B との当接は確実となっている。また、ガラスファイバの先端面 51B の中心が所望の位置に存在している。よって、コネクタ付被覆光ファイバ心線 19 は、ガラスファイバの位置がずれることによる接続損失がないので、光伝送特性に優れる。

また、コネクタ付被覆光ファイバ心線 19 は、本発明の実施形態に係る被覆光ファイバ心線 50 が使用されているので、燃焼しにくく、燃焼した場合でも有毒ガスを発生しない。

### <実施例>

以下、実施例および比較例を挙げて本発明を詳細に説明するが、これらは本発明を限定するものではない。

#### [実施例 1～3]

##### (第二樹脂組成物の製造)

第二樹脂 100 重量部に対して金属水酸化物と窒素系難燃剤とを表 1 に示す組

成で添加し、実施例 1、2-1～2-3、3-1～3-2 に使用される第二樹脂組成物を、それぞれ調製する。第二樹脂組成物は、二軸式混合機（スクリュウ外径：45 mm  $\phi$ 、 $L/D=32$ ）を用い、吐出ストランドを切断してペレット化する方法により得る。

（被覆光ファイバ心線の作製）

光ファイバ心線は、石英ガラスを主成分とするガラスファイバ（外径 125  $\mu\text{m}$ ）の外周に紫外線硬化型樹脂層（ウレタンアクリレート樹脂層）を設けてなる光ファイバ心線を使用する。紫外線硬化型樹脂層は、第一紫外線硬化型樹脂層と第二紫外線硬化型樹脂層と着色層とからなる三層構造であり、第一紫外線硬化型樹脂層までの外径は 200  $\mu\text{m}$ 、第二紫外線硬化型樹脂層までの外径は 245  $\mu\text{m}$ 、着色層までの外径は 255  $\mu\text{m}$ 、第一紫外線硬化型樹脂層のヤング率は 1 MPa（25℃）、第二紫外線硬化型樹脂層のヤング率は 400 MPa（25℃）、着色層のヤング率は 1100 MPa（25℃）である。この光ファイバ心線の外周に、二次被覆層を前記した方法に準じて設けることによって、実施例 1、2-1～2-3、3-1～3-3 の被覆光ファイバ心線を作製する（外径  $D_s$ ：0.9 mm）。ここで、二次被覆層を被覆するための押し出し機としては、それぞれ、単軸式押し出し機（スクリュウ外径：40 mm  $\phi$ 、 $L/D=25$ ）を使用し、押し出し機が、クロスヘッド（前記クロスヘッド 33C に相当）に連結されている。

〔実施例 4〕

（第二樹脂組成物の製造）

実施例 1～3 と同様の方法で、第二樹脂 100 重量部に対して金属水酸化物と窒素系難燃剤とを表 2 に示す組成で添加し、実施例 4-1、4-2 に使用される第二樹脂組成物を、それぞれ調製する。

（被覆光ファイバ心線の作製）

光ファイバ心線は、石英ガラスを主成分とするガラスファイバ（外径 125  $\mu\text{m}$ ）の外周に、実施例 1～3 と同様の方法で紫外線硬化型樹脂層（ウレタンアクリレート樹脂層）を設けてなる光ファイバ心線を使用する。紫外線硬化型樹脂層は、第一紫外線硬化型樹脂層と第二紫外線硬化型樹脂層と着色層とからなる三

層構造であり、第一紫外線硬化型樹脂層までの外径は  $200\ \mu\text{m}$ 、第二紫外線硬化型樹脂層までの外径は  $245\ \mu\text{m}$ 、着色層までの外径は  $255\ \mu\text{m}$ 、第一紫外線硬化型樹脂層のヤング率は  $1\text{ MPa}$  ( $25^\circ\text{C}$ )、第二紫外線硬化型樹脂層のヤング率は  $400\text{ MPa}$  ( $25^\circ\text{C}$ )、着色層のヤング率は  $1100\text{ MPa}$  ( $25^\circ\text{C}$ ) である。次いで、この光ファイバ心線の外周に、図4に示すような二軸式押し出し機（スクリー外径： $40\text{ mm}\phi$ 、 $L/D=25$ ）を使用して、表2に示す組成の内部層と外部層とを設けることによって、実施例4-1，4-2の被覆光ファイバ心線を作製する（外径  $D_s$ ： $0.9\text{ mm}$ ）。

〔比較例1，2〕

実施例1～3と同様の方法で比較例1，2の被覆光ファイバ心線を作成する。第二樹脂組成物の組成と被覆光ファイバ心線の各特性値を表1に示す。

表1: 高難燃 0.9mm φ 心線

第二樹脂組成物	実施例 1	実施例 2-1	実施例 2-2	実施例 2-3	実施例 3-1	実施例 3-2	比較例 1	比較例 2
ベースポリマー(重量部)								
①PPPE(ポリフェニレン-テル)	35	40	40	40	35	35	35	35
②PS系エラストマーI	65	60	60	60		30	65	65
③PS系エラストマーII					65	35		
④PS系エラストマーIII								
⑤PS系エラストマーIV								
⑥PS系エラストマーV								
⑦PS系エラストマーVI								
架橋助剤								
金属水酸化物添加量	200	200	250	150	180	150	200	200
シリコン系滑剤	2	2	2	2	2	2	2	2
N系難燃助剤	10	25	25	25	100	25	5	120
<被覆光ファイバ心線物性>								
線膨張係数( $\times 10^{-4}$ ) [1/K]	1.3	1.4	1.4	1.5	1.3	1.3	1.3	1.2
ヤング率 [Mpa]	275	250	270	235	280	270	270	290
<光ファイバ心線特性>								
加工歪み(120°C $\times$ 168hr) [ $\mu$ m/m]	120	115	100	140	105	110	135	90
光伝送損失特性(常温) [dB/km]	0.197	0.197	0.204	0.205	0.198	0.194	0.205	0.202
耐温度変化特性: $\Delta \alpha$ (-40~85°C) [dB/km]	0.05	0.06	0.04	0.08	0.05	0.05	0.06	0.04
突き出し量 ( $\mu$ m/m)	80	80	65	90	-	-	100	60
外観	○	○	○	○	○	○	○	×
難燃性(UL1581 燃焼試験)	○	○	○	○	○	○	×	○

注) PS系エラストマーI: SEBSの1種(S/EB=3.5/6.5)、PS系エラストマーII: SEBSの1種(S/EB/MAH=3.5/6/0.5)、  
 PS系エラストマーIII: SEBSの1種(S/EB=1.0/9.0)、PS系エラストマーIV: SEBSの1種(S/EB/MAH=1.0/8.0/0.5)、  
 PS系エラストマーV: SEBSの1種(S/EB=9.0/1.0)、PS系エラストマーVI: SEBSの1種(S/EB/MAH=8.0/1.5/0.5)、  
 MAH: スチレン-無水マレイン酸共重合体

表2: 高難燃 0.9mm  $\phi$  心線

第二樹脂組成物	実施例 4-1		実施例 4-2	
	内部層	外部層	内部層	外部層
ベースポリマー(重量部)				
①PPPE(ポリフェニレエーテル)	20	80	25	85
②PS系エラストマー I				
③PS系エラストマー II				
④PS系エラストマー III	79			
⑤PS系エラストマー IV			74	
⑥PS系エラストマー V		20		
⑦PS系エラストマー VI				15
架橋助剤	1		1	
金属水酸化物添加量	240	240	250	150
シリコン系滑剤	2		2	
N系難燃助剤	30	30	20	30
<被覆光ファイバ心線物性>				
線膨張係数( $\times 10^{-4}$ ) [1/K]	1.8	1.1	1.7	1.2
ヤング率 [Mpa]	120	850	150	700
<光ファイバ心線特性>				
加工歪み(120°C $\times$ 168hr) [ $\mu$ m/m]	150	150	145	145
光伝送損失特性(常温) [dB/km]	0.195		0.186	
耐温度変化特性: $\Delta \alpha$ (-40~85°C) [dB/km]	0.06		0.06	
突き出し量( $\mu$ m/m)	-	-	-	-
外観	○	○	○	○
難燃性(UL1581 燃焼試験)	○	○	○	○
$L_{UV}/L_{SH}$ (%)	80		85	



第二樹脂組成物の線膨張係数及びヤング率の測定方法は以下のとおりである。

(線膨張係数)

試験片(第二樹脂組成物を硬化して成形したシート)をJIS K 7100に基づいて状態調整し、JIS K 7197に記載するTMA(熱機械分析装置)を用いて、 $-60^{\circ}\text{C}$ から $100^{\circ}\text{C}$ の温度範囲内で走査し、同K7197の規定に基づいて(平均の)線膨張係数を計測する。

(ヤング率)

各実施例および各比較例に対応する第二樹脂組成物を、二軸混練押出機、加圧ニーダー、バンバリーミキサー、ロール等から構成される公知装置を用いて、樹脂組成物を熔融混練することによって、膜厚が約 $300\mu\text{m}$ のフィルム状物を成形する。次いで、このフィルム状物からダンベル形状の2号形試験片(JIS K 7113準拠)を製造する。この試験片を用いて、標線間距離 $25\text{mm}$ 、引張速度 $1\text{mm}/\text{分}$ の条件で引張り試験を行い測定されるヤング率のことをいうものとする。

被覆光ファイバ心線に対する評価は以下のように行う。

[加工歪み]

ガラスファイバ、一次被覆層、二次被覆層に関して端面が面一となるようにされた被覆光ファイバ心線に、 $120^{\circ}\text{C}\times 168$ 時間の条件の加熱処理を行う。加熱処理後における「ガラスファイバの先端面と二次被覆層の先端面との距離」を加工歪みとして測定する。

[光伝送損失特性]

被覆光ファイバ心線を、OTDR測定器(波長: $1.55\mu\text{m}$ )にて伝送損失量(dB)を測定し( $23^{\circ}\text{C}$ )、単位長当たりの伝送損失を「初期ロス(dB/km)」として示す。初期ロスの値が低いほど、光伝送特性に優れる。

[耐温度変化特性(温度の変動によっても、光伝送特性を維持する特性)]

被覆光ファイバ心線に対して、 $-40^{\circ}\text{C}$ (0.5時間保持)~ $85^{\circ}\text{C}$ (0.5時間保持)を繰り返すヒートサイクル曝露試験(回数:5回)を実施し、その試

験中、連続モニター（波長：1.55  $\mu\text{m}$ ）にて伝送損失量（dB）を測定し、最大伝送損失量と最小伝送損失量との差分を「伝送損失変化量（dB/km）」として示す。伝送損失変化量の値が低いほど、耐温度変化特性に優れる。

〔突き出し量（ピストニング特性）〕

被覆光ファイバ心線に対して、前記耐温度変化特性で記載したヒートサイクル曝露試験を200回行ない、ガラスファイバの突き出し量（ガラスファイバの先端面と二次被覆層の先端面との距離）を測定する。結果を表2に示す。突き出し量が少ないほど、ピストニング特性に優れる。

〔被覆光ファイバ心線の外観〕

被覆光ファイバ心線の外観を目視と手触りし、「“表面形状の荒れ”と“10～100  $\mu\text{m}$ 位の凸状の異物”がない」という条件を満たすものを“○”、前記条件を満たさないものを“×”と判定する。

〔難燃性〕

被覆光ファイバ心線の難燃性試験を、規格 UL 1581 VW-1に基づいて実施する。

すなわち、図8に示すように、まず、所定長さの被覆光ファイバ心線10（又は50）の上端部を把持部84にて、下端部を把持部85にて把持することによって、光ファイバ心線10を長手方向が鉛直方向となるように設置し、被覆光ファイバ心線10の下端部の下方に脱脂綿83を配置する。被覆光ファイバ心線10の把持部84から若干下方の位置には、クラフト紙81が貼り付けられている。次いで、クラフト紙81から下方に254mmの位置をめがけてバーナー82によりバーナー炎（点火時間15秒、消火時間15秒の5サイクル）を浴びせる。ここで、バーナー炎は、内炎40mm、外炎125mmとされている。“クラフト紙81に届くような延焼がなく、かつ、脱脂綿83が燃えるような被覆の垂れ落ちが発生しない”という条件を満たすものを合格とし、前記条件を満たさないものを不合格とする。

〔 $L_{uv}/L_{sh}$  (%)〕

被覆光ファイバ心線の末端から長さ30mmの部分を図7に示す被覆除去具に

対応する「被覆除去具 J R - 2 2」(住友電気工業株式会社の商品名)を用いて樹脂層を除去する。分離された樹脂層に関し、紫外線硬化型樹脂層が全く見られなかったものを“ $L_{UV}/L_{SH}=0\%$ ”と定義し、紫外線硬化型樹脂層の引抜方向長さと樹脂被覆層の引抜方向長さが同じものを“ $L_{UV}/L_{SH}=100\%$ ”と定義する。なお、引抜き速度を500m/分として引抜き力(kgf)を測定すると、実施例4-1, 2の被覆光ファイバ心線の引抜き力は2.5kgf以下である。

実施例の被覆光ファイバ心線は外観と難燃性に優れる。一方、比較例1の被覆光ファイバ心線は窒素系難燃剤の量が少なすぎるにより難燃性に劣る。また、比較例2の被覆光ファイバ心線は窒素系難燃剤の量が多すぎるにより外観に劣る。

なお、実施例及び比較例の被覆光ファイバ心線の二次被覆層を構成する第二樹脂組成物はハロゲン及びリンを含有しないことから、環境に与える負荷が少ない。すなわち、燃焼時に有毒ガスの発生が抑制される。また、リン酸化合物が河川や湖沼に流れ込み当該河川や湖沼が過栄養状態となり、汚染が進むことがない。

#### 産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明によれば、環境に与える負荷が少なく、高い難燃性を有し、コネクタが接続された場合にあっては光伝送特性の低下を抑制できる被覆光ファイバ心線、並びに、環境特性と機械特性と光伝送特性とに優れたコネクタ付被覆光ファイバ心線を提供できる。

## 請 求 の 範 囲

1. ガラスファイバの外周面に一次被覆層を設けてなる光ファイバ心線の外周面に、さらに、二次被覆層を設けてなる被覆光ファイバ心線であって、前記二次被覆層を構成する第二樹脂組成物が、ベース樹脂と、前記ベース樹脂 100 重量部に対して 100～250 重量部の金属水酸化物と、10～100 重量部の窒素系難燃剤とを含有するとともに、前記第二樹脂組成物がハロゲン含有しない被覆光ファイバ心線。

2. 前記ベース樹脂が非晶性樹脂から構成される請求の範囲第 1 項記載の被覆光ファイバ心線。

3. 前記第二樹脂組成物が、前記ベース樹脂として、ポリスチレン系樹脂単体、ポリスチレン系エラストマー単体、ポリスチレン系樹脂とポリフェニレンエーテルとの混合物、および、ポリスチレン系エラストマーとポリフェニレンエーテルとの混合物、のいずれか 1 種を含有する請求の範囲第 1 項または第 2 項に記載の被覆光ファイバ心線。

4. 前記ポリスチレン系樹脂、または、前記ポリスチレン系エラストマーの一部が酸変性されている請求の範囲第 3 項に記載の被覆光ファイバ心線。

5. 前記二次被覆層が、2 層以上の被覆層から形成されていることを特徴とする請求の範囲第 1 項～第 4 項のいずれかに記載の被覆光ファイバ心線。

6. 以下に定義される伝送損失変化量 ( $\text{dB/km}$ ) が  $0.2 \text{ dB/km}$  以下となるように構成された請求の範囲第 1 項～第 5 項のいずれかに記載の被覆光ファイバ心線。

伝送損失変化量 ( $\text{dB/km}$ ):  $-40^{\circ}\text{C}$  (0.5 時間保持)  $\sim 85^{\circ}\text{C}$  (0.5 時間保持) を繰り返すヒートサイクル曝露試験中の伝送損失量 (波長:  $1.55 \mu\text{m}$ , 単位:  $\text{dB/km}$ , 試験開始直後の伝送損失量を含む。) の最大損失変化量と最小損失変化量との差分

7. 前記第二樹脂組成物の線膨張係数が  $4.0 \times 10^{-4} (1/\text{K})$  以下である請求の範囲第 1 項～第 6 項のいずれかに記載の被覆光ファイバ心線。

8. 下記に規定される加工歪みが $150\mu\text{m}$ 以下となるように構成された請求の範囲第1項～第7項のいずれかに記載の被覆光ファイバ心線。

加工歪み： $120^{\circ}\text{C}$ 、 $168$ 時間の加熱処理が施された被覆光ファイバ心線における、ガラスファイバの先端面と二次被覆層の先端面との距離

9. 前記一次被覆層が紫外線硬化型樹脂層であり、前記二次被覆層から前記ガラスファイバの方向へ、切り込みの頂点が前記ガラスファイバには達しないように切り込み、前記紫外線硬化型樹脂層と前記二次被覆層とを前記ガラスファイバから引抜くように分離した時に、「分離された被覆除去片中の紫外線硬化型樹脂層の長さ／分離された二次被覆層の長さ」が $15\%\sim 85\%$ となるように構成された請求の範囲第5項に記載の被覆光ファイバ心線。

10. 前記光ファイバ心線の外周面に、前記二次被覆層として内部層と外部層とを前記光ファイバ心線から離れる方向で順に設けてなり、前記内部層が、ポリスチレン系熱可塑性樹脂、ポリオレフィン系熱可塑性樹脂、ポリフェニレンエーテル、またはこれらの混合樹脂 $100$ 重量部に対して、 $100\sim 250$ 重量部の金属水酸化物と、 $100$ 重量部未満の窒素系難燃剤とを添加してなる請求の範囲第9項に記載の被覆光ファイバ心線。

11. 前記光ファイバ心線の外周面に、前記二次被覆層として内部層と外部層とを前記光ファイバ心線から離れる方向で順に設けてなり、前記外部層が、ポリスチレン系熱可塑性樹脂、ポリオレフィン系熱可塑性樹脂、ポリオレフィン系熱可塑性エラストマー樹脂、ポリフェニレンエーテル、またはこれらの混合樹脂 $100$ 重量部に対して、 $100\sim 250$ 重量部の金属水酸化物と、 $100$ 重量部未満の窒素系難燃剤とを添加してなる請求の範囲請求の範囲第9項に記載の被覆光ファイバ心線。

12. 前記紫外線硬化型樹脂層と前記二次被覆層とを前記ガラスファイバから引抜く際の引抜力が $2.5\text{kgf}$ 以下となるように構成された請求の範囲第9項に記載の被覆光ファイバ心線。

13. 前記ガラスファイバが端末から所定長さで露出されることによりガラスファイバ露出部と被覆端面とを有する請求の範囲第1項～第12項のいずれかに

記載の被覆光ファイバ心線と、前記ガラスファイバ露出部を収容可能な中空を有するフェルールを内蔵するコネクタとが接続されたコネクタ付被覆光ファイバ心線であって、前記ガラスファイバ露出部が歪力のかからない状態で前記中空に収容されるように前記被覆端面がフェルールの突き当て端面に当接されたコネクタ付被覆光ファイバ心線。

図 1

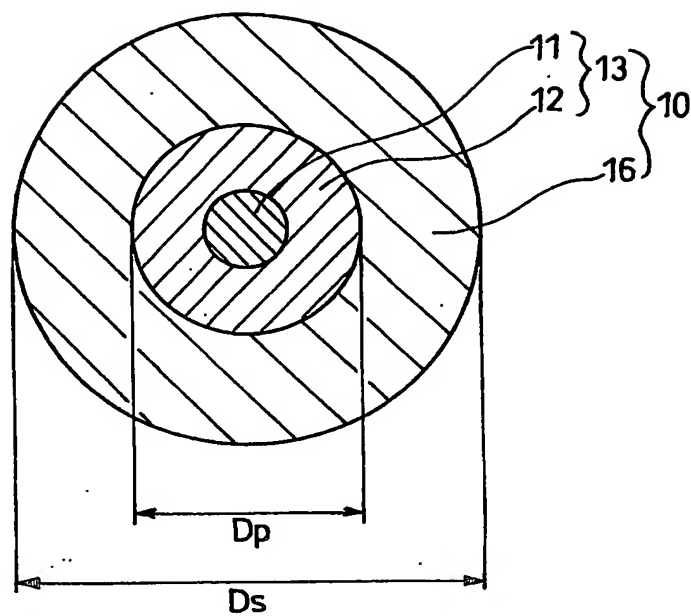


図 2

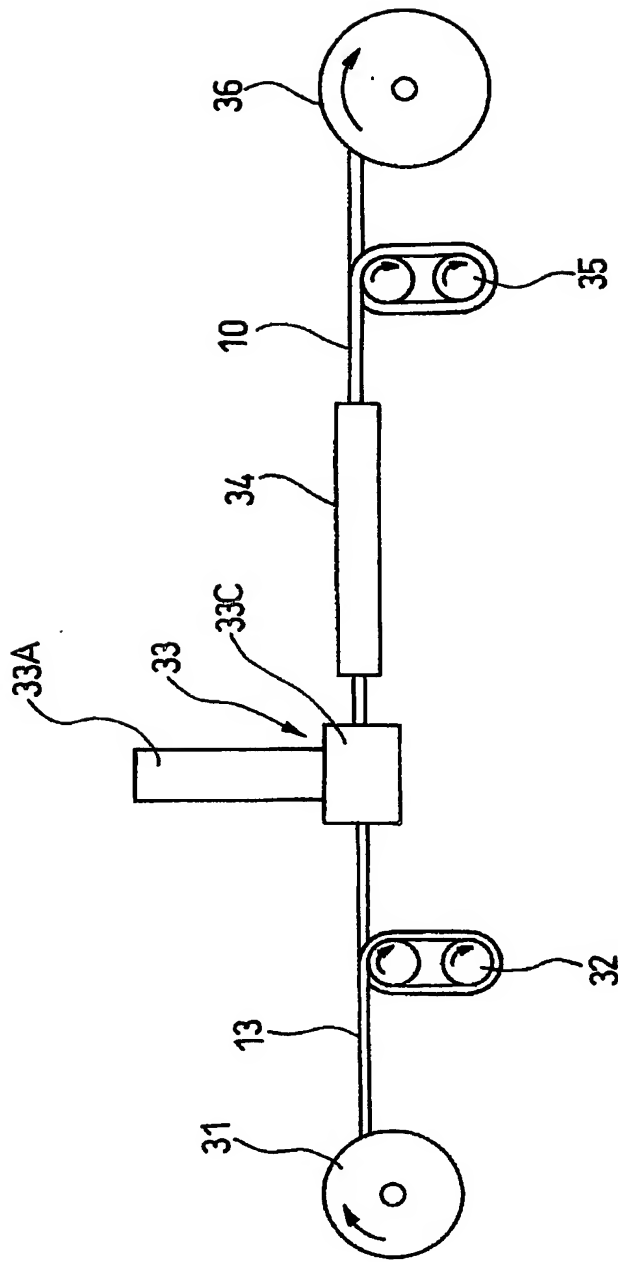
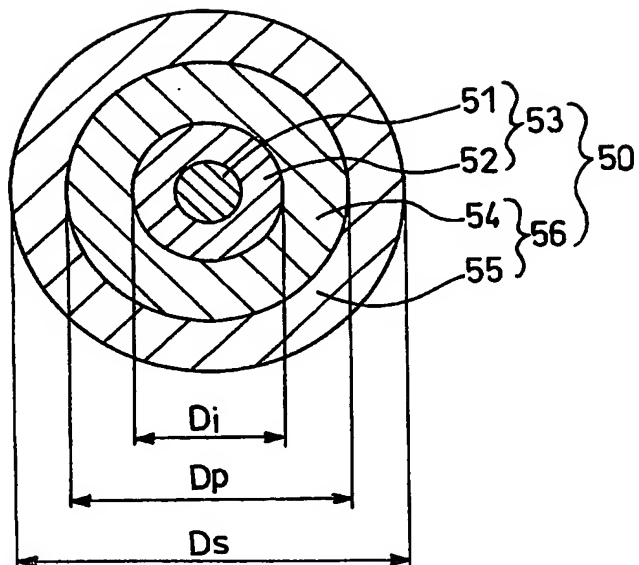




図 3

(A)



(B)

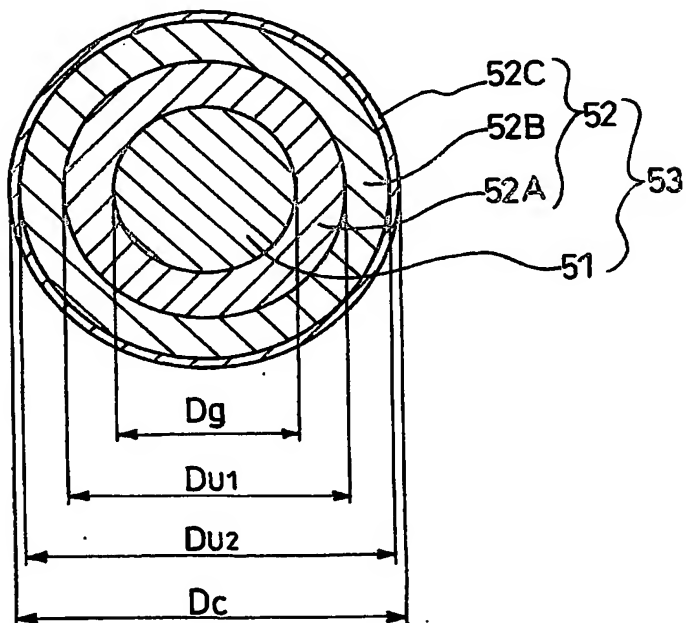


図 4

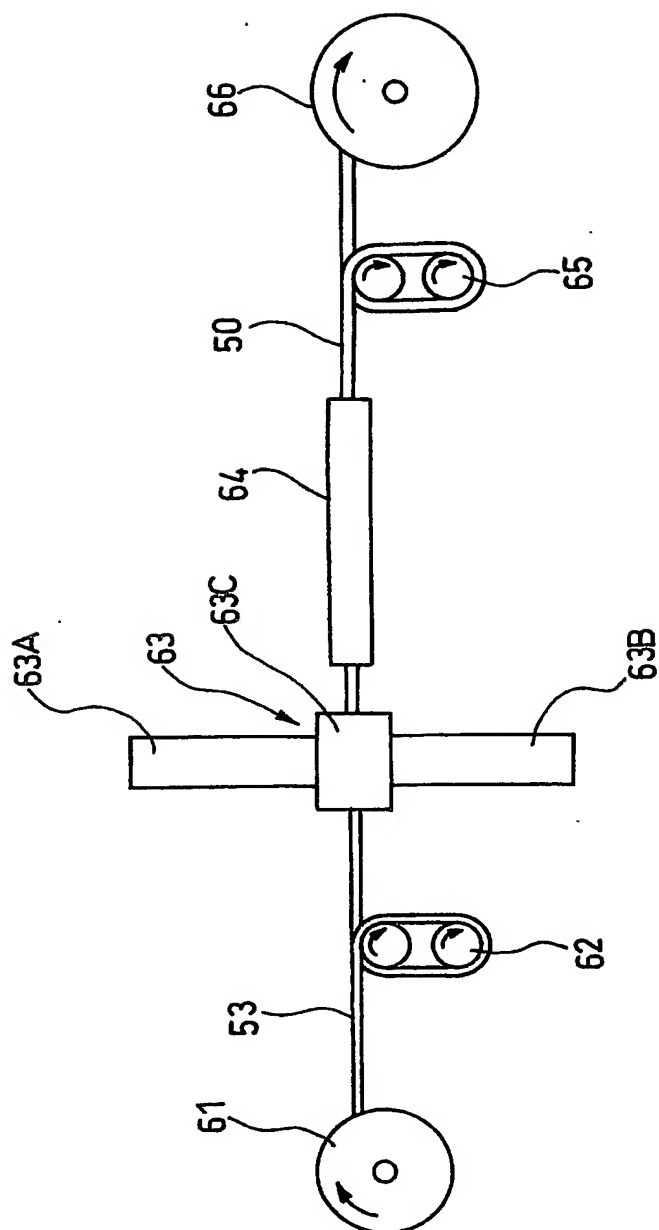


図 5

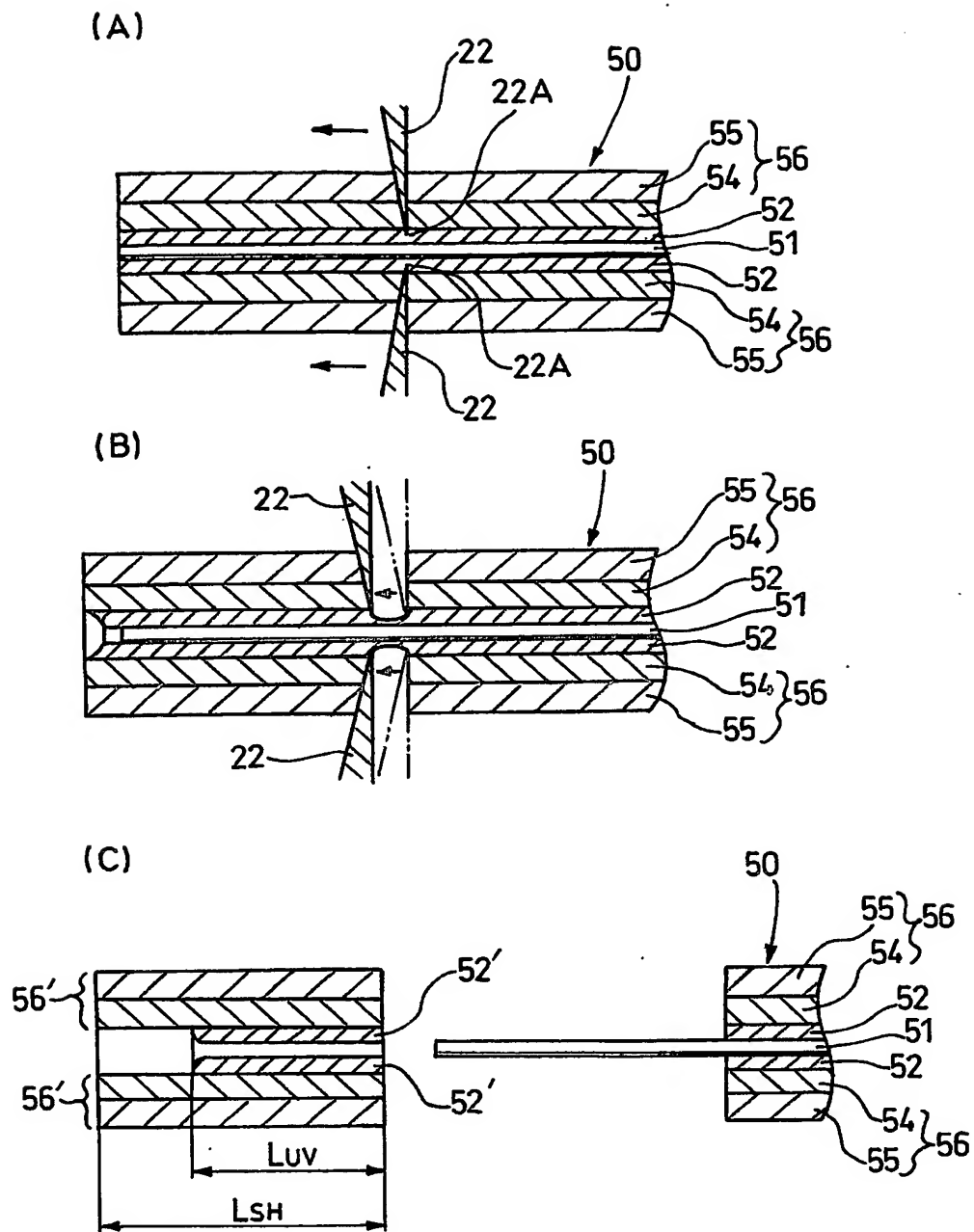


図 6

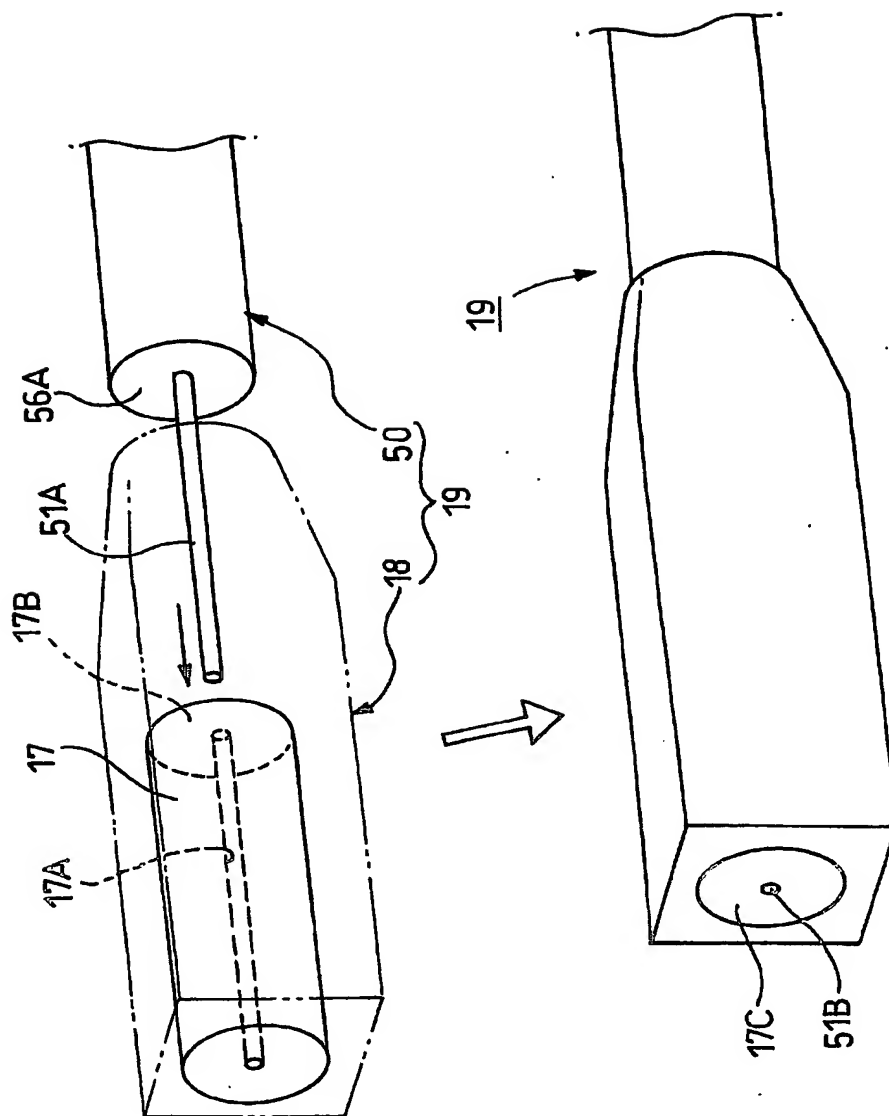


図 7

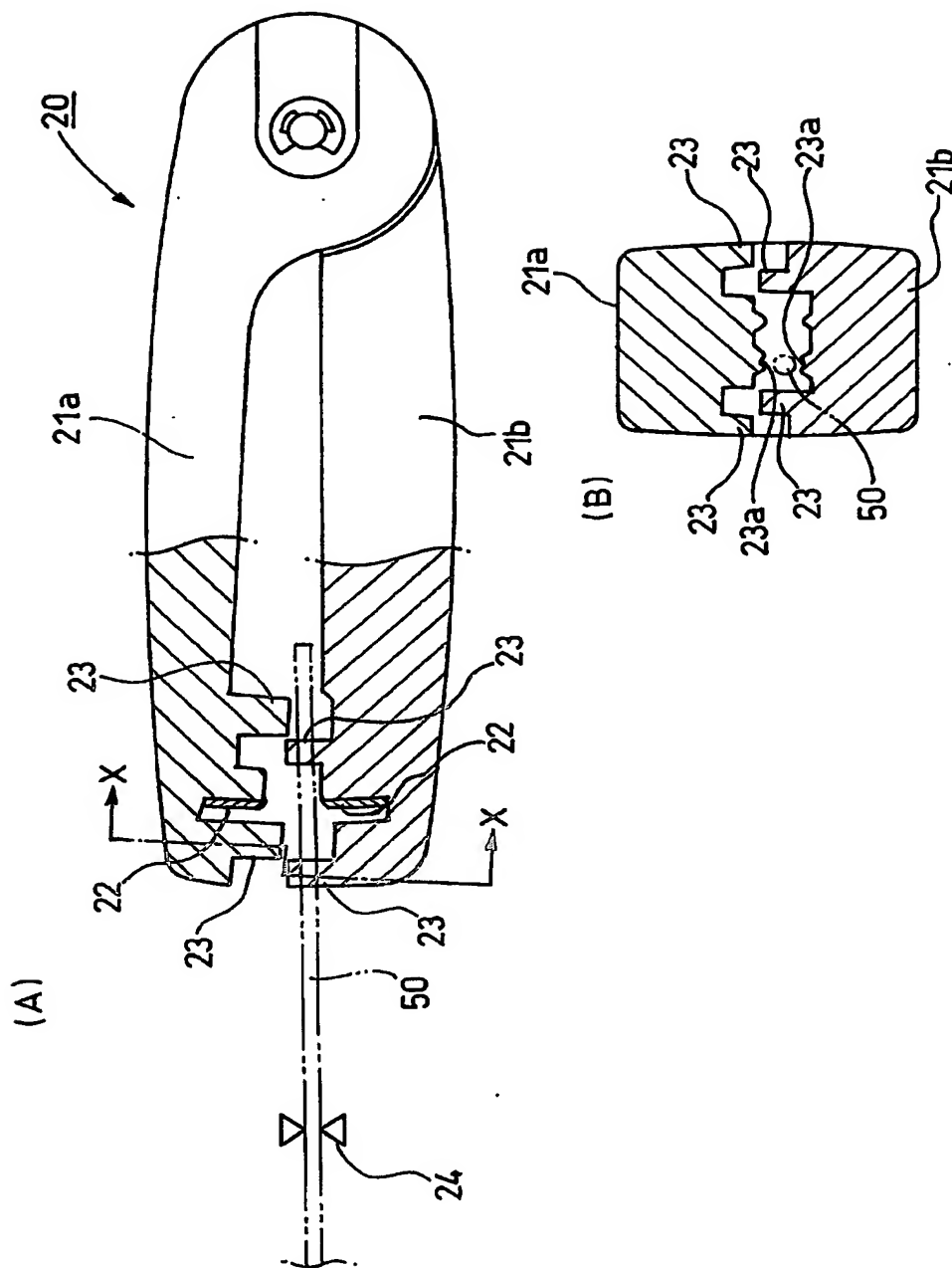
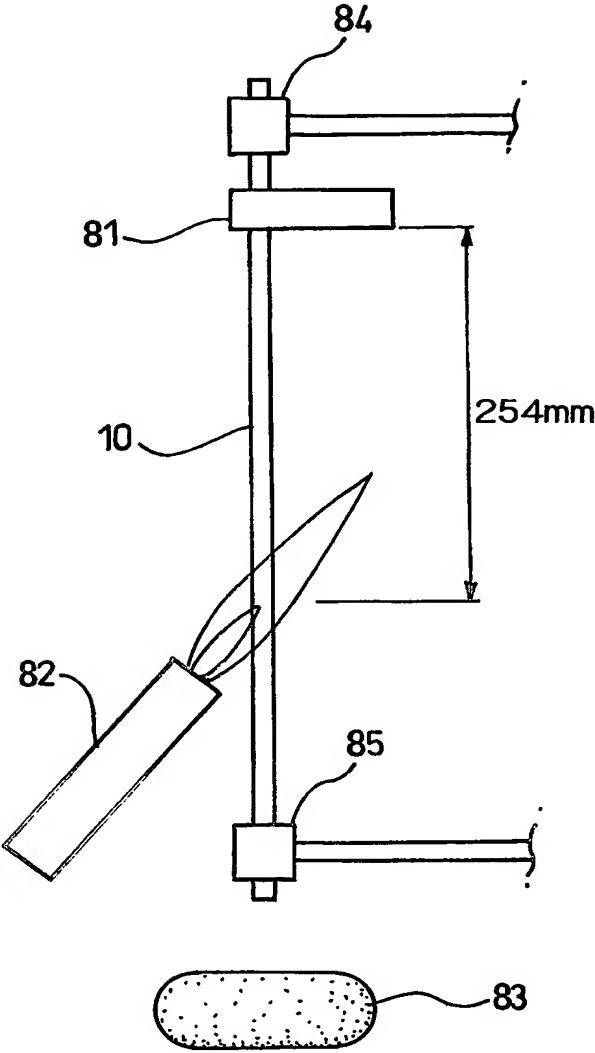


図 8



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/001888

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> G02B6/44, C03C25/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> G02B6/44, C03C25/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 98/23674 A (BASF AG.), 04 June, 1998 (04.06.98), Abstract; page 1, lines 5 to 24; page 5, line 31 to page 6, line 2 & DE 19648799 A & EP 941280 A & US 6124385 A1 & ES 2173501 T & JP 2001-505242 A	1-13
A	JP 2002-088253 A (Asahi Kasei Corp.), 27 March, 2002 (27.03.02), Par. Nos. [0007] to [0011], [0013] (Family: none)	1-13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
28 May, 2004 (28.05.04)

Date of mailing of the international search report  
25 May, 2004 (25.05.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2004/001888

**C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-214492 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 31 July, 2002 (31.07.02), Par. Nos. [0014] to [0016] (Family: none)	1-13



## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int Cl<sup>7</sup> G02B6/44, C03C 25/02

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int Cl<sup>7</sup> G02B6/44, C03C25/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	WO 98/23674 A (BASF AKTIENGESELLSCHAFT) 1998.06.04, 抄録、1頁5行-24行、5頁31行-6 頁2行 &DE 19648799 A&EP 941280 A&US 6124385 A1&ES 2173501 T&JP 200 1-505242 A	1-13
A	JP 2002-088253 A (旭化成株式会社) 2002.03.27, 段落【0007】-【0011】、【00 13】 (ファミリー無し)	1-13

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

28.04.2004

国際調査報告の発送日

25.5.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

柏崎 康司

2K

8310

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2002-214492 A (住友電気工業株式会社) 2002.07.31, 段落【0014】-【0016】 (ファミリー無し)	1-13